Протокол лабораторной работы №3

«ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»

“Исследование опасности поражения человека электрическим током”

Вариант № 4

▭ – заполняется при проведении измерений.

▭ – заполняется при оформлении отчета.

1 .Определение параметров электрического сопротивления тела человека

Таблица 1

Частота		Результаты			
		Измерений		расчетов	
f, Гц	*lgf*	U_B	$U_{мВ}$	I , мА	*Z*, кОм
25	1,4		0,5	0,05	20
35	1,5		0,6	0,06	16,67
45	1,6		0,7	0,07	14,29
60	1,8		0,8	0,08	12,5
100	2,0		1,1	0,11	9,09
250	2,4		2,3	0,23	4,35
500	2,7	1,0	4,4	0,44	2,27
1000	3,0		8,8	0,88	1,14
2500	3,4		22,5	2,25	0,44
5000	3,7		45	4,5	0,22
10000	4,0		92	9,2	0,11
20000	4,3		185	18,5	0,05

Определить r_B при f = 10000 Гц и z_H при f = 65 Гц

2.Прикосновение человека к одной из фаз трехфазной сети переменного тока **с изолированной нейтралью**

Таблица 2

Режим работы	Результаты измерений для фазы **Б** $R_{ИЗ\ ФАЗЫ}$ = 0,6 Мом						
Нормальный	$R_{ЧЕЛ}$, кОм	1	2	3	4	5	6
	$I_{ЧЕЛ}$, мА	11	9,5	7,5	5,5	4,5	2,5

Таблица 3

Режим работы	Результаты измерений для фазы **Б** $R_{ЧЕЛ}$ = 2 кОм						
Нормальный	$R_{ЧЕЛ}$, кОм	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	$I_{ЧЕЛ}$, мА	10	9,5	8,0	6,0	3,5	2,0

Таблица 4

Режим работы	Результаты измерений для фазы **С** $R_{ЗАМ}$ = 0,6 Ом						
Аварийный	$R_{ЧЕЛ}$, кОм	1	2	3	4	5	6
	$I_{ЧЕЛ}$, мА	74	62	48	38	34	30

3.Прикосновение человека к одной из фаз трехфазной сети переменного тока **с глухозаземленной нейтралью.**

Таблица 5

Режим работы	Результаты измерений для фазы **С** R_0 =0,5 Ом						
Нормальный	$R_{ЧЕЛ}$, кОм	1	2	3	4	5	6
	$I_{ЧЕЛ}$, мА	74	58	42	30	26	22

Таблица 6

Режим работы	Результаты измерений для фазы **С** R_0 = 0,5 Ом, $R_{ЗАМ}$ = 0,3 Ом						
Аварийный	$R_{ЧЕЛ}$, кОм	1	2	3	4	5	6
	$I_{ЧЕЛ}$, мА	80	66	52	40	36	30

5.Исследование изоляции трехфазной сети переменного тока.

Таблица 7

Наименование фазы	Результаты измерений $R_{ИЗМ}$, МОм	$R_{ДОП}$, МОм
А	500	≥ 0,5
Б	1	
С	0	

6. Исследование изоляции проводов

Таблица 8

Марка провода	Результаты измерения $R_{ИЗМ}$, МОм	$R_{ДОП}$, МОм
БПВЛ	4	500
БПВЛЭ	500	500
БПТ	7	500
БПТЭ	200	500
ПР	1	200
АПР	1	200

Цель работы: изучение основных схем трёхфазных электрических сетей переменного тока до 1000 В и опасностей, возникающих при прикосновении человека к одной из фаз, исследование факторов, влияющих на вероятность поражения человека электрическим током, методов теоретического и экспериментального исследования сопротивления тела человека, оценке состояния изоляции электрических сетей и проводов, методами измерения сопротивления изоляции, нормами и приборами.

2.ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПРИБОРОВ:

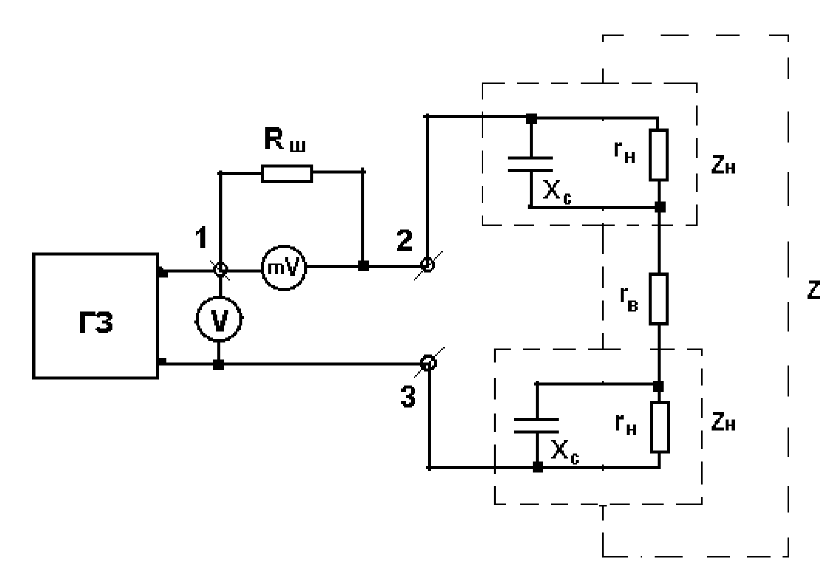


Рис.1. Схема включения приборов

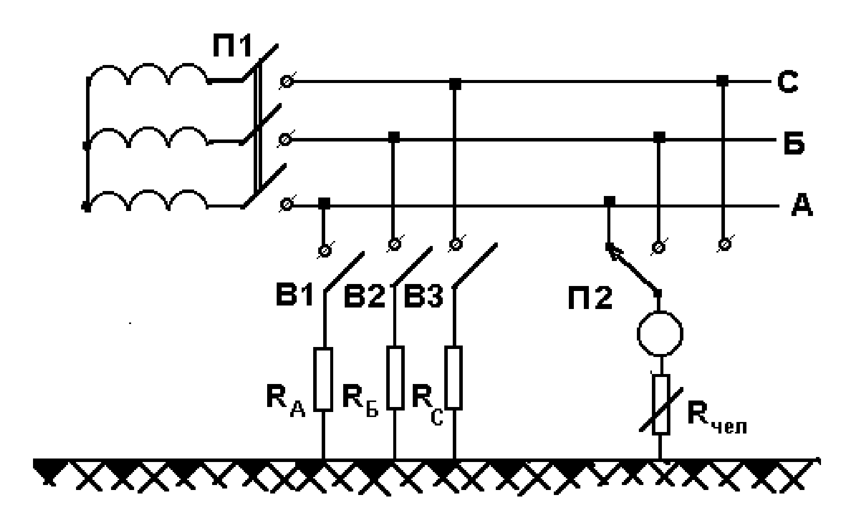


Рис.2. Схема исследуемой трёхфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

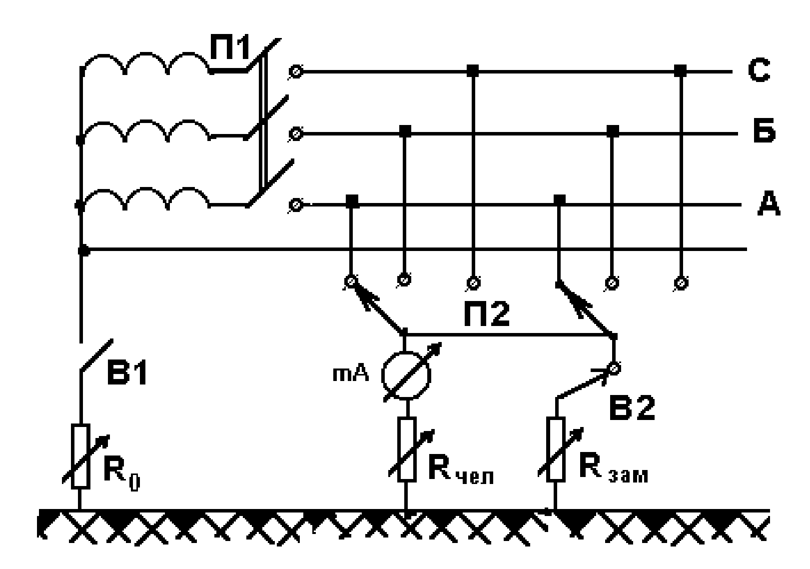


Рис.3. Схема исследуемой трёхфазной сети переменного тока
с изолированной и глухозаземлённой нейтралью

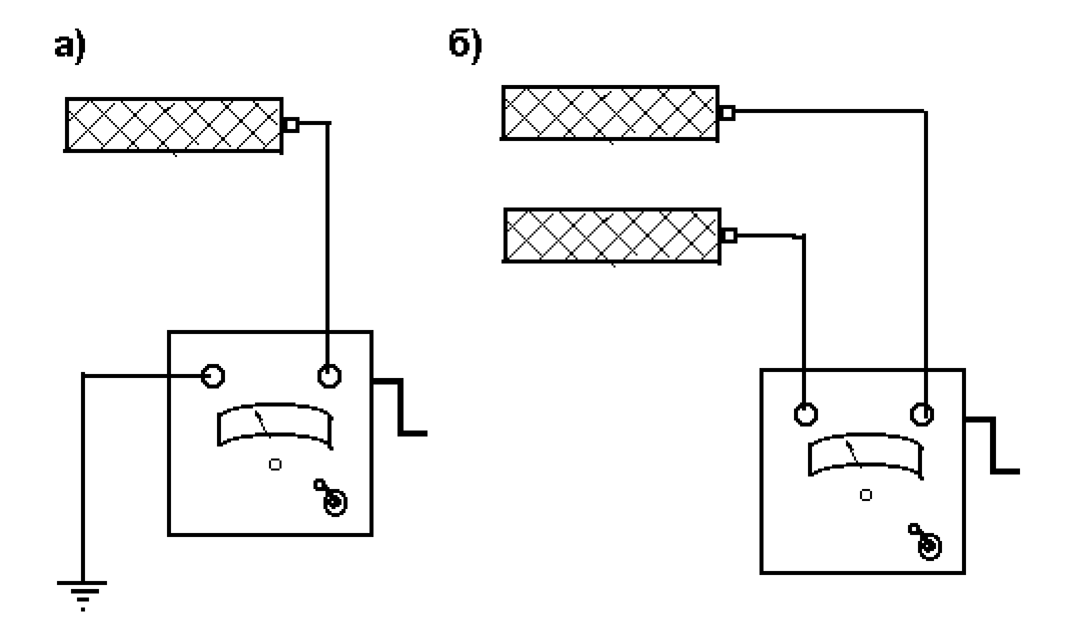


Рис.4. Схемы присоединения мегаомметра:
а) измерение сопротивления изоляции фазного провода;
б) измерение сопротивления изоляции между фазами

3.РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ:

$$I = \frac{U_{мВ}}{10}, \text{ мА} \quad (1)$$

где:
I – ток, проходящий через тел человека;
$U_{мВ}$ – показания, снятые милливольтметром.

$$Z = \frac{U_В}{I}, \text{ кОм} \quad (2)$$

где:
Z – общее сопротивление тела человека;
$U_В$ – напряжение, поданное на модель тела человека

$$Z_Н = r_В \quad (3)$$

где:
$r_В$ – внутреннее сопротивление рук и тела человека

$$r_Н = \frac{Z_0 - r_В}{2} \quad (4)$$

где:
$r_Н$ – активное сопротивление кожи человека;
Z_0 – сопротивление тела человека при $f \to 0$.

$$Z_Н = \frac{Z - r_В}{2} \quad (5)$$

где:
$Z_Н$ – полное сопротивление кожи человека

$$C = \frac{\sqrt{r_Н^2 - Z_Н^2}}{2 * \pi * Z_Н * r_Н * f}, \text{ мкФ} \quad (6)$$

где:
C – емкость наружного слоя кожи человека

$$X_C = \frac{1}{\omega * C} = \frac{1}{2 * \pi * f * C}, \text{ кОм} \quad (7)$$

где:

X_C – емкостное сопротивление кожи человека, кОм;

ω – круговая частота;

f – частота переменного тока, проходящего через тело человека, кГц.

$$R_{ИЗ} = \frac{R_А * R_Б * R_С}{R_А * R_Б + R_Б * R_С + R_А * R_С} \quad (8)$$

где:

$R_{ИЗ}$ – полное сопротивление изоляции сети

$R_А$, RБ, RC – значения сопротивления изоляции соответствующих фаз

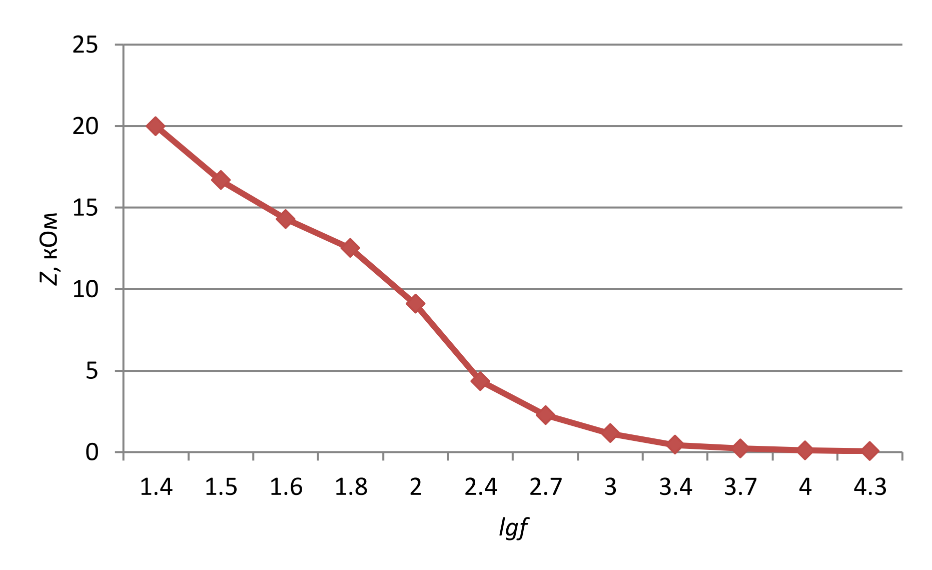


Рисунок 1. График зависимости Z=φ(f).
(частота откладывается в логарифмическом масштабе)

1. *при f = 10000 Гц* $r_B = Z_H = 0{,}11$ кОм
2. $Z_0 = 22$ кОм
3. $r_H = \frac{Z_0 - r_B}{2} = \frac{22-0{,}11}{2} = 10{,}95$ (кОм)
4. *при f = 65 Гц* Z = 12,1
5. $Z_H = \frac{Z - r_B}{2} = \frac{12{,}1-0{,}11}{2} = 6$ (кОм)
6. $C = \frac{\sqrt{r_H^2 - Z_H^2}}{2*\pi*Z_H*r_H*f} = \frac{\sqrt{10{,}95^2 - 6^2}}{2*\pi*6*10{,}95*65} = \frac{9{,}16}{26818{,}74} = 0{,}00034(мФ) = 0{,}34(мкФ)$
7. $X_C = \frac{1}{2*\pi*f*C} = \frac{1}{2*\pi*65*0{,}34} = 7205(Ом) = 7{,}2(кОм)$

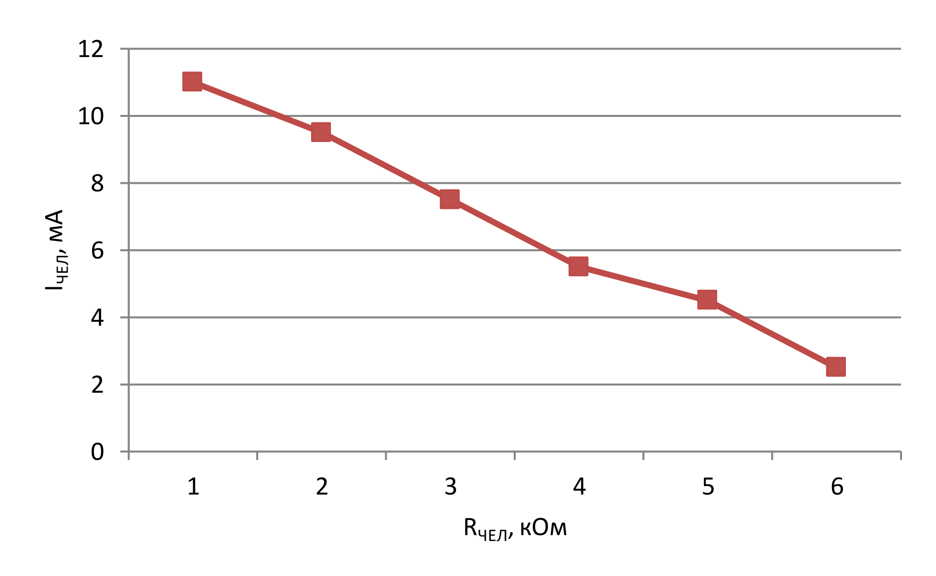


Рисунок 2. График зависимости $I_{чел} = f_1(R_{чел})$ при прикосновении человека к одной из фаз трехфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

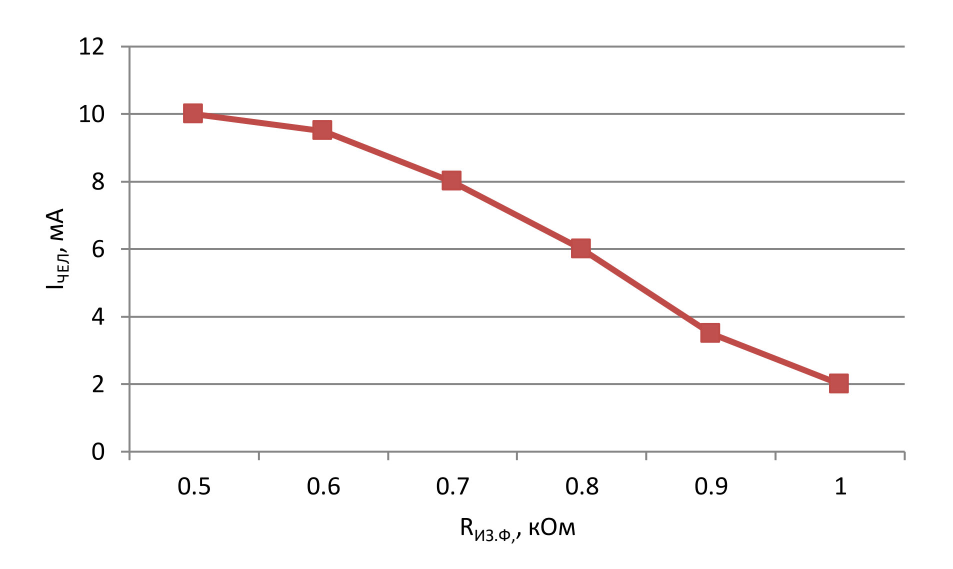


Рисунок 3. График зависимости $I_{чел} = f_2(R_{из.ф.})$ при прикосновении человека к одной из фаз трехфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

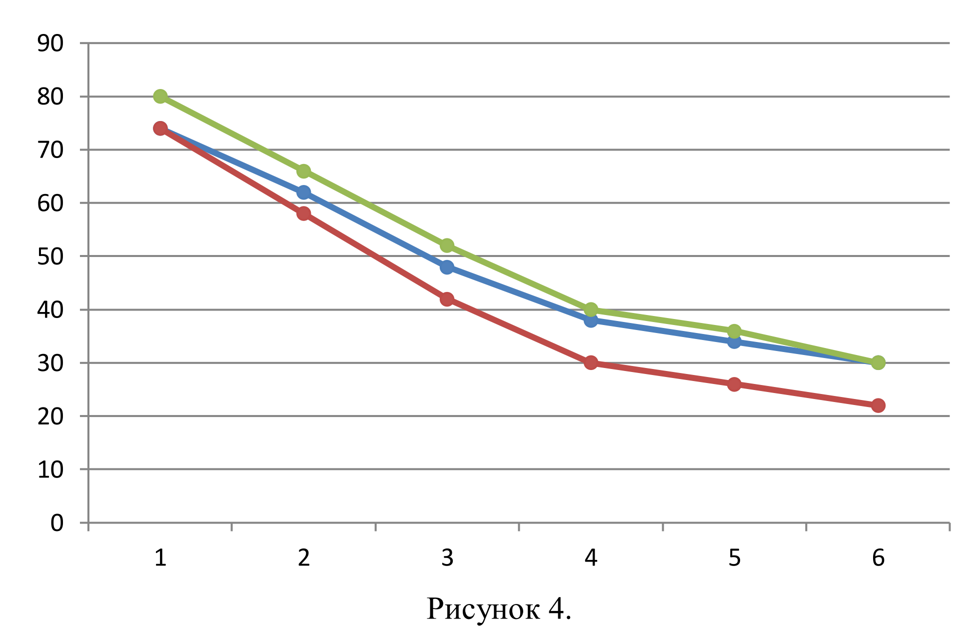


Рисунок 4.

График зависимости $I_{чел} = f_3(R_{чел})$ для трёхфазной сети с изолированной нейтралью, работающей в аварийном режиме

График зависимости $I_{чел} = f_4(R_{чел})$ для сети с глухозаземлённой нейтралью, работающей в нормальном режиме

График зависимости $I_{чел} = f_5(R_{чел})$ для сети с глухозаземлённой нейтралью, работающей в аварийном режиме

ВЫВОД:

1. Факторы, влияющие на условия поражения человека электрическим током:
   - состояния кожи (сухая, влажная, повреждённая и т.п.);
   - плотности и площади контакта тела или его частей с токоведущими частями электрооборудования;
   - приложенного напряжения;
   - рода, частоты и величины тока, проходящего через человека;
   - времени воздействия тока на человека.

   Наибольшим электрическим сопротивлением в теле человека обладает верхний пороговый слой кожи.

2. Если сравнить графики рис.2 и рис.3, можно сделать вывод, что с увеличением сопротивления изоляции опасность поражения электрическим током уменьшается.

3. Прикосновение человека к исправной фазе сети с заземленной нейтралью в период аварийного режима наиболее опасно.

4. Сеть не пригодна к эксплуатации.

   По формуле $R_{ИЗ} = \frac{R_А * R_Б * R_С}{R_А * R_Б + R_Б * R_С + R_А * R_С}$ видно, что полное сопротивление изоляции сети < 0,5 МОМ, т.к. R_C = 0.

5. Пригоден для эксплуатации только провод БПВЛЭ, т.к. только у этого провода $R_{изм} = R_{доп}$.